

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication : 2 779 536  
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)  
(21) N° d'enregistrement national : 98 07219  
(51) Int Cl<sup>6</sup> : G 02 B 6/42

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 09.06.98.

(30) Priorité :

(43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 10.12.99 Bulletin 99/49.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : Se reporter à la fin du présent fascicule

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(71) Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE Etablissement de caractère scientifique technique et industriel — FR.

(72) Inventeur(s) : PARAT GUY, CAILLAT PATRICE et PUGET CHRISTIANE.

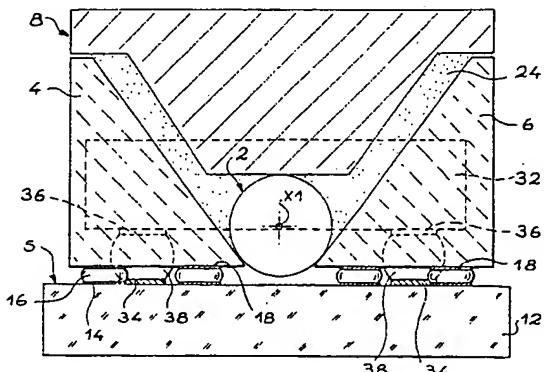
(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : BREVATOME.

(54) ASSEMBLAGE PERMETTANT LA CONNEXION DE FIBRES OPTIQUES AVEC DES COMPOSANTS OPTIQUES OU OPTOELECTRONIQUES ET PROCEDE DE FABRICATION DE CET ASSEMBLAGE.

(57) Assemblage permettant la connexion de fibres optiques avec des composants optiques ou optoélectroniques et procédé de fabrication de cet assemblage.

Selon l'invention, on forme au moins un support (4, 6) de fibre comprenant, pour chaque fibre (2), un logement en forme de V, on fixe le support et le composant (32) à un substrat (12) par l'intermédiaire d'éléments fusibles (16, 38) et on positionne la fibre dans le logement de manière à obtenir l'alignement vertical de la fibre par rapport au composant, l'alignement horizontal étant obtenu grâce aux éléments fondu. Application en microélectronique.



ASSEMBLAGE PERMETTANT LA CONNEXION DE FIBRES OPTIQUES  
AVEC DES COMPOSANTS OPTIQUES OU OPTOELECTRONIQUES ET  
PROCÉDÉ DE FABRICATION DE CET ASSEMBLAGE

DESCRIPTION

5 DOMAINE TECHNIQUE

La présente invention concerne un assemblage permettant la connexion de fibres optiques avec des composants optiques ou optoélectroniques et un procédé de fabrication de cet assemblage.

10 L'invention trouve des applications dans le domaine de la micro-électronique notamment dans tous les cas où il s'agit de connecter des fibres optiques à des sources-lasers ou à des modules optiques (par exemple des diviseurs, des multiplexeurs ou des 15 capteurs) montés sur des substrats optoélectroniques.

En particulier, dans le cas des télécommunications par transmission optique, l'invention est utilisable lorsqu'une diode-laser (ou une barrette de diodes-lasers à émission latérale) doit 20 être connectée à une fibre optique (ou à plusieurs fibres optiques).

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

Dans le domaine de la micro-électronique, l'augmentation de la fréquence de fonctionnement des 25 systèmes électroniques impose :

- la conception de nouveaux principes de transmission de données et notamment la mise en parallèle de bus électriques permettant de transmettre simultanément plusieurs signaux à la fois et/ou
- 5 - l'utilisation de la lumière grâce à des guides d'ondes optiques (guides d'ondes intégrés ou fibres optiques) afin d'augmenter le débit d'information.

10 Ces guides d'ondes optiques permettent d'obtenir une très bonne immunité aux perturbations électromagnétiques.

15 De plus, la transmission optique nécessite la réalisation de modules d'émission, de réception et de traitement de signaux lumineux. Pour ce faire des techniques sont développées en particulier sur verre ou silicium afin d'assurer :

- le couplage de fibres optiques
- les connexions optiques et électriques de composants optoélectroniques
- la connexion électrique de composants électroniques
- 20 d'interface.

On considérera les documents suivants :

- [1] "Soldering technology for optoelectronic packaging", 1996 Electronic Component and Technology Conference, p.26 à 36
- 25
- [2] "Passive alignment for optoelectronic components, Advances in electronic packaging, EFP-vol.19-1, 1997, vol.1, p.753 à 758
- 30
- [3] "Silicon motherboards for multichannel optical module", IEEE transactions on components, packaging,

and manufacturing technology, Partie A, vol.19, n°1,  
mars 1996, p.34 à 40.

5 [4] "Flip-chip optical fiber attachment to a monolithic  
optical receiver chip", SPIE, vol.2613, p.53 à 58.

Chacun des assemblages connus par les documents [1] à [4] se présente en général sous la forme d'un substrat sur lequel :

10 - des fibres optiques sont connectées soit en regard de guides d'ondes optiques formés dans le substrat soit en regard de diodes-lasers et/ou de photodéTECTEURS,

- des composants optoélectroniques emboîtés dans ce substrat ou placés à la surface de celui-ci sont 15 couplés à des guides d'ondes optiques et/ou à des fibres optiques,

- des composants électroniques adressant ou recueillant des informations venant de composants optoélectroniques sont positionnés.

20 Les fibres optiques et les composants optiques ou optoélectroniques doivent être parfaitement alignés les uns par rapport aux autres pour minimiser les pertes optiques.

25 Les précisions visées peuvent être inférieures à 0,5  $\mu\text{m}$ .

Pour ce faire, deux techniques sont principalement utilisées.

30 1) On connaît une technique d'alignement actif d'une fibre optique avec une diode-laser, dont l'objectif est de s'assurer en temps réel de la performance d'alignement par une mesure électrique avec ----- une photodiode. -----

Pour ce faire, la diode-laser est alimentée et une mesure de la puissance lumineuse à la sortie de la fibre donne une indication sur l'alignement relatif de celle-ci et de la diode-laser. Une optimisation de 5 l'alignement est assurée grâce à de faibles déplacements de cette diode-laser au moyen de micromanipulateurs mécaniques ou piézo-électriques. Un assemblage peut être ensuite obtenu par collage.

Cette technique d'alignement actif présente 10 des inconvénients :

- longueur du processus d'alignement,
- nécessité d'un blocage mécanique, au moyen d'une colle par exemple, de la diode-laser après alignement et
- 15 - nécessité que ce blocage n'entraîne pas de contraintes mécaniques susceptibles de modifier l'alignement.

2) On connaît aussi une technique d'alignement passif d'une fibre optique dont l'objectif 20 principal est la réduction des coûts.

Lorsque la fibre doit être connectée parallèlement à un substrat par exemple en silicium, la méthode de connexion la plus répandue actuellement consiste en la réalisation d'une cavité en forme de V 25 dans le substrat en silicium qui a une fonction de micro-banc optique, par exemple selon le principe de gravure selon des plans cristallins préférentiels (100).

La fibre est calée et collée au fond de la 30 cavité en regard d'un composant optoélectronique. Ce composant optoélectronique, s'il est rapporté sur le substrat, est généralement monté la tête en bas par la

technique de retournement de puce (« flip-chip ») sur des liaisons métalliques assurant la continuité électrique, la tenue mécanique et l'évacuation thermique vers le substrat.

5           L'alignement du composant optoélectronique en face de la fibre doit être un alignement absolu dans les trois directions de l'espace. Pour cela on peut utiliser :

- des équipements très précis qui permettent de 10 positionner et de souder le composant, tout en le maintenant sur le substrat, avec des précisions de l'ordre de 1  $\mu\text{m}$ ,
- des brasures avec des cales de positionnement réalisées dans le substrat et/ou dans le composant à 15 assembler,
- des éléments de brasure sans cale en utilisant 20 l'effet d'auto-positionnement lié aux forces de mouillabilité de la brasure en phase liquide, l'auto-positionnement ayant lieu parallèlement au substrat par mouillabilité sur des plots métalliques et perpendiculairement au substrat par le contrôle du volume des éléments de brasure.

Outre l'utilisation de cavités en forme de V dans le substrat, il existe une méthode de fixation 25 par collage des fibres dans un support intermédiaire en silicium, également gravé en forme de V, et ensuite reporté à l'envers sur le substrat (voir le document [4]). L'alignement et la brasure du support intermédiaire sont réalisés à l'aide d'un équipement de 30 précision. L'effet d'auto-alignement en phase liquide n'est pas employé. La rigidité des fibres et le poids de l'ensemble ne le permettent pas.

Lorsqu'une fibre est connectée perpendiculairement à un substrat, il existe aussi une méthode d'insertion de la fibre dans une cale percée, préalablement brasée et montée par retournement de puce 5 (« flip-chip ») et utilisant l'effet d'auto-alignement en phase liquide. A ce sujet on considérera la figure 5 du document [1].

Un problème se pose dans le cas de l'alignement passif d'une fibre optique en face d'un 10 composant optoélectronique rapporté sur un substrat d'interconnexion.

Lorsque la fibre est fixée parallèlement au substrat dans une cavité en forme V intégrée à ce même substrat, le positionnement optique du composant 15 optoélectronique en face de la fibre doit être absolu dans les trois directions de l'espace.

Dans un plan parallèle au substrat, les plots métalliques réalisés, recevant une brasure, sont parfaitement alignés avec la cavité en V car il sont 20 générés par le même masque lithographique. L'effet d'auto-alignement en phase liquide des microbilles de brasure assure le bon positionnement du composant en face de la fibre.

Par contre, suivant une direction 25 perpendiculaire au substrat, le contrôle de la hauteur des axes optiques nécessite, pour la fibre, le contrôle de la largeur de la cavité en forme de V (variation de l'enterrement de la fibre) et pour le composant optoélectronique, soit une cale mécanique soit un 30 contrôle du volume de brasure. Ces opérations sont dépendantes des variations technologiques de fabrication.

## EXPOSÉ DE L'INVENTION

La présente invention a pour but de définir un assemblage et un procédé de fabrication de celui-ci, permettant un alignement passif très précis d'une ou de 5 plusieurs fibres optiques avec un ou plusieurs composants optiques ou optoélectroniques, de façon relative.

Cet assemblage est réalisé à l'aide de microbilles d'un matériau fusible (brasure) sur un 10 substrat, qui peut être un substrat d'interconnexion, jouant le rôle de micro-banc optique.

Le matériau fusible constitutif des microbilles est par exemple l'indium ou un alliage fusible à base d'étain et de plomb ou tout alliage à 15 bas point de fusion.

De façon précise, la présente invention a tout d'abord pour objet un assemblage comprenant un substrat et, sur celui-ci, au moins un support de fibre optique, au moins une fibre optique disposée dans ce 20 support et au moins un composant optique ou optoélectronique, l'axe optique de la fibre et l'axe optique du composant étant alignés, cet assemblage étant caractérisé en ce que le support et le composant sont fixés au substrat par l'intermédiaire de 25 microbilles en matériau fusible, permettant à l'axe optique de la fibre et à l'axe optique du composant d'être parallèles l'un à l'autre dans un même plan perpendiculaire à une surface du substrat, en ce que le support comprend, pour chaque fibre, un logement en 30 forme de V ayant deux parois inclinées l'une vers l'autre, l'ouverture du « V » étant située sur la face

du support qui n'est pas fixée au substrat, et en ce que la fibre est positionnée dans le logement, le volume de chaque microbille et le logement étant déterminés de façon que l'axe optique de la fibre et 5 l'axe optique du composant soient parallèles l'un à l'autre dans un même plan parallèle à la surface du substrat.

Selon un premier mode de réalisation particulier de l'assemblage objet de l'invention, le 10 logement traverse l'ensemble du support, le logement ayant ainsi deux arêtes inférieures, la distance séparant ces deux arêtes inférieures étant déterminée, compte tenu du diamètre de la fibre et des points d'appui de celle-ci dans le logement, pour que l'axe 15 optique de la fibre et l'axe optique du composant soient parallèles l'un à l'autre dans le même plan parallèle à la surface du substrat.

Selon un deuxième mode de réalisation particulier, le logement ne traverse pas le support.

20 La présente invention a également pour objet un procédé de fabrication d'un assemblage comprenant un substrat et, sur celui-ci, au moins un support de fibre optique, au moins une fibre optique disposée dans ce support et au moins un composant 25 optique ou optoélectronique, l'axe optique de la fibre et l'axe optique du composant étant alignés, ce procédé étant caractérisé en ce qu'on forme le support de fibre, ce support comprenant, pour chaque fibre, un logement en forme de V ayant deux parois inclinées 30 l'une vers l'autre, l'ouverture du « V » étant située sur la face du support qui n'est pas fixée au substrat, et comprenant aussi une pluralité de premiers plots d'accrochage, en ce qu'on forme aussi une pluralité de

premiers plots d'accrochage sur le composant, en ce qu'on forme des deuxièmes plots d'accrochage sur le substrat, ces deuxièmes plots étant destinés à être respectivement associés aux premiers plots, en ce qu'on forme, sur les premiers plots et/ou les deuxièmes plots, des éléments faits d'un matériau fusible, apte à être brasé aux premiers et deuxièmes plots, ces premiers et deuxièmes plots étant mouillables par ce matériau à l'état fondu tandis que leur environnement ne l'est pas, en ce qu'on fixe le support et le composant sur le substrat par l'intermédiaire des éléments correspondants, ces éléments étant portés à l'état fondu à cet effet et permettant à l'axe optique de la fibre et à l'axe optique du composant d'être parallèles l'un à l'autre dans un même plan perpendiculaire à une surface du substrat, et en ce qu'on positionne la fibre dans le logement, le volume de chaque élément et le logement étant déterminés pour que l'axe optique de la fibre et l'axe optique du composant soient parallèles l'un à l'autre dans un même plan parallèle à la surface du substrat.

Selon un premier mode de mise en oeuvre particulier (« V traversant ») du procédé objet de l'invention, le logement traverse l'ensemble du support, le logement ayant ainsi deux arêtes inférieures, la distance séparant ces deux arêtes inférieures étant déterminée, compte tenu du diamètre de la fibre et des points d'appui de celle-ci dans le logement, pour que l'axe optique de la fibre et l'axe optique du composant soient parallèles l'un à l'autre dans le même plan parallèle à la surface du substrat.

Selon un deuxième mode de mise en oeuvre particulier (« V non traversant), le logement ne traverse pas le support.

Le support peut comprendre une pluralité 5 d'exemplaires parallèles dudit logement en forme de V et l'on positionne alors respectivement une pluralité de fibres optiques dans lesdits exemplaires.

Chaque fibre peut être fixée au moyen d'une colle dans le logement correspondant.

10 De préférence, pour une plus grande solidité de l'assemblage, la colle s'étend entre le support et le substrat, autour des éléments en matériau fusible disposé sous le support.

Selon un mode de mise en oeuvre particulier 15 du procédé objet de l'invention, on fabrique un capot apte à recouvrir chaque logement et chaque fibre est pressée contre le logement correspondant au moyen de ce capot puis avantageusement fixée dans ce logement correspondant.

20 Ce capot peut être transparent, ce qui permet d'observer chaque fibre dans son logement et même de coller cette fibre dans ce logement par durcissement d'une colle polymérisable par un rayonnement (généralement un rayonnement ultraviolet) 25 que l'on envoie vers la colle à travers le capot.

Selon un premier mode de mise en oeuvre particulier du procédé objet de l'invention, le capot comprend, pour chaque fibre, une protubérance par l'intermédiaire de laquelle cette fibre est pressée 30 contre le logement correspondant.

Selon un deuxième mode de mise en oeuvre particulier du procédé objet de l'invention, le capot comprend une face plane par l'intermédiaire de laquelle

chaque fibre est pressée contre le logement correspondant, la fibre dépassant de la face du support qui n'est pas fixée au substrat.

5 Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, relatif au « V traversant », on forme le support à partir d'une plaque dans laquelle on réalise au moins deux parois en forme de V par gravure chimique et/ou mécanique de cette plaque, de façon à obtenir la distance déterminée entre les deux arêtes inférieures  
10 de chaque V, on forme les premiers plots correspondant au support par une technique de photolithographie et on sépare l'une de l'autre lesdites parois du logement.

Dans le cas particulier où la plaque présente une épaisseur initiale trop importante, la  
15 formation du support comprend en outre une étape d'amincissement de la plaque réalisée avant ou après la gravure du V.

Selon un autre mode de réalisation particulier relatif au « V non traversant » on forme le  
20 support à partir d'une plaque dans laquelle on réalise au moins deux parois en forme de V par gravure chimique et/ou mécanique de cette plaque et on forme les premiers plots correspondant au support par une technique de photolithographie.

25 De préférence, les premiers plots correspondant au composant sont formés par une technique de photolithographie.

De préférence également, les deuxièmes plots sont formés sur le substrat par une technique de  
30 photolithographie.

Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, les éléments formés sur les deuxièmes plots ont tous la même épaisseur.

De préférence, on fait passer à l'état fondu les éléments formés sur les deuxièmes plots, chaque élément prenant alors sensiblement la forme d'une bille, on fait ensuite passer ces éléments en forme de bille à l'état solide et on fait passer ces derniers à l'état fondu pour assembler le composant et le support avec le substrat.

La forme des billes dépend de la forme des deuxièmes plots et n'est donc pas forcément sphérique.

10 De préférence également, pour avoir la même précision sur la hauteur des différentes billes, les éléments sont formés simultanément par photolithographie sur les deuxièmes plots.

#### BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

15 La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation donnés ci-après, à titre purement indicatif et nullement limitatif, en faisant référence aux dessins annexés sur lesquels :

20 • la figure 1 est une vue en coupe transversale schématique d'un assemblage conforme à l'invention dans lequel une fibre optique est plaquée sur des cales épaisses par un capot contenant une protubérance,

25 • la figure 2 est une vue en coupe transversale schématique d'un assemblage conforme à l'invention dans lequel une fibre optique est plaquée sur des cales minces au moyen d'un capot à surface plane,

- la figure 3 est une vue en coupe transversale schématique d'un assemblage conforme à l'invention dans lequel une fibre optique est plaquée contre des cales en face d'une diode laser,
- la figure 4 est une vue en coupe transversale schématique d'un assemblage conforme à l'invention dans lequel des fibres optiques sont fixées sur des cales minces,
- la figure 5 est une vue de dessus schématique d'un assemblage conforme à l'invention dans lequel une fibre optique et une diode laser sont optiquement alignées, le capot permettant de plaquer la fibre dans le logement défini par les cales n'étant pas représenté,
- la figure 6 est la coupe AA de la figure 5 le capot étant représenté,
- les figures 7, 8A, 8B, 9, 10A, 10B, 11A et 11B illustrent schématiquement un procédé de fabrication d'un support de fibre utilisable dans la présente invention,
- les figures 12A à 12E illustrent schématiquement diverses étapes de préparation d'un substrat pour la mise en oeuvre d'un procédé conforme à l'invention,
- les figures 13A à 13D illustrent schématiquement des étapes de mise en oeuvre de ce procédé conforme à l'invention qui suivent les étapes illustrées schématiquement par les figures 12A à 12E,

- la figure 14 est une vue en coupe transversale schématique d'un autre assemblage conforme à l'invention dans le cas d'un « V non traversant », et
- 5       • les figures 15A, 15B, 16A et 16B illustrent schématiquement des étapes d'un procédé de fabrication d'un support de fibre à « V non traversant » utilisable dans l'invention.

#### EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

10           Dans les exemples de l'invention qui suivent, afin d'assurer l'alignement optique, chaque fibre optique est positionnée et avantageusement fixée dans un logement défini par deux cales biseautées qui forment un support de fibre.

15           Ces deux cales sont préalablement brasées sur un substrat d'interconnexion en même temps que le composant optique ou optoélectronique que l'on veut connecter à la fibre.

20           Ce brasage a lieu à la suite d'un prépositionnement grossier (erreur inférieure ou égale à 5 µm) de la fibre et du composant.

25           Les forces de tension de surface des microbiles de brasure en phase liquide (technique connue par le document [1]) permettent d'obtenir un alignement optique « horizontal » c'est-à-dire de rendre l'axe optique de la fibre et l'axe optique du composant parallèles l'un à l'autre dans un même plan perpendiculaire à la surface du substrat, surface sur laquelle se fait la connexion, lorsque cette surface 30          est plane (ou parallèle à une zone superficielle plane

du substrat lorsque celui-ci comprend des marches définies par des zones superficielles planes et parallèles, décalées en hauteur les unes par rapport aux autres).

5 L'alignement optique « vertical », c'est-à-dire le fait de rendre l'axe optique de la fibre et l'axe optique du composant parallèles l'un à l'autre dans un même plan parallèle à la surface du substrat, est contrôlé par les volumes relatifs des microbilles  
10 et par la distance séparant les deux arêtes inférieures du logement compte tenu du diamètre de la fibre et de ses points d'appui dans le logement.

En effet, grâce à un tel assemblage la précision de positionnement de la fibre et du composant  
15 est très importante car elle devient une précision relative et non plus une précision absolue comme dans l'art antérieur. Il est néanmoins nécessaire que le coeur (« core ») de la fibre optique soit bien référencé par rapport à la surface externe cylindrique  
20 de la gaine (« cladding ») optique de la fibre.

La figure 1 montre un assemblage conforme à l'invention entre une fibre optique et un composant, par exemple une diode laser (non représentée).

La fibre optique 2 est placée sur des cales  
25 épaisses et biseautées 4 et 6 formant un support de fibre et un capot 8 usiné, muni d'une protubérance 10, plaque la fibre contre les parois respectives des cales qui forment un V traversant lorsqu'elles sont vues en coupe transversale.

30 On voit également un substrat d'interconnexion 12 dont la surface supérieure s'comporte des plots d'accrochage généralement métalliques 14 qui sont formés par gravure sur le

substrat et sur lesquels des microbilles de brasure 16 ont été préalablement formées. Les deux cales biseautées ont été réalisées par exemple dans une plaque de silicium dont la surface était orientée selon 5 le plan (100), par gravure selon des plans cristallins préférentiels à l'aide de KOH, puis métallisées, pour former des plots d'accrochages 18 sur les faces inférieures des cales, et brasées librement sur le substrat après positionnement des plots 18 sur les 10 microbilles.

Dans l'exemple représenté, la hauteur  $H_3$  des cales vaut 250  $\mu\text{m}$  et l'angle  $\beta$  des parois du logement en V défini par les deux cales, par rapport à la surface  $S$  du substrat, vaut 54,74°.

15 Le positionnement des deux cales en vue de l'alignement optique « horizontal » de la fibre et du composant a lieu automatiquement par mouillabilité de la brasure sur les plots d'accrochage métalliques 14 et 18 qui se font face.

20 Le positionnement vertical, c'est-à-dire suivant une direction perpendiculaire à la surface  $S$ , dépend de la distance  $H_2$  (22  $\mu\text{m}$  dans l'exemple représenté) entre ces faces inférieures des cales et la surface supérieure  $S$  du substrat qui est directement 25 liée au volume de brasure, et de la distance séparant les arêtes inférieures du logement compte tenu du diamètre de la fibre et de ses points d'appui dans le logement.

En effet, pour une fibre de diamètre donné 30 et une distance entre arêtes donnée, suivant l'angle  $\beta$ , cette fibre aura un positionnement « vertical » variable du fait de la modification des points d'appui.

De même, pour un angle  $\beta$  donné et une distance entre arêtes donnée, suivant le diamètre de la fibre, le positionnement « vertical » sera également variable. La détermination de la distance entre arêtes 5 est obtenue par le positionnement précis des plots d'accrochage sur les cales.

Ainsi, la connaissance de la distance  $D$  entre les plots d'accrochage à proximité des arêtes et les arêtes, connaissant le pas des plots réalisés sur 10 le substrat, permet de connaître la distance entre les arêtes.

La fibre optique 2, dont la gaine optique 20 a, dans l'exemple représenté, un diamètre extérieur  $d$  de 120  $\mu\text{m}$  (diamètre de la fibre) est placée dans le logement en forme de V de sorte que l'axe  $X_1$  de la fibre (axe du cœur 22 de celle-ci) soit parallèle à la 15 surface supérieure du substrat.

Ensuite on remplit par exemple le logement en forme de V d'une colle 24 et la fibre par exemple 20 est mise au contact des cales en appuyant sur cette fibre avec le capot jusqu'à ce que la colle soit sèche.

L'angle  $\beta$  étant parfaitement connu, la cote finale  $H_1$  (8  $\mu\text{m}$  dans l'exemple représenté), distance minimale entre la surface externe de la gaine optique 25 20 et la surface supérieure  $S$  du substrat, dépend comme on l'a vu de la précision du positionnement des plots d'accrochage 18 formés sur les faces inférieures des cales et donc de la cote  $D$  qui est la distance entre l'arête inférieure 26 d'une cale et l'axe du plot 30 d'accrochage 18 de cette cale le plus proche de cette arête et qui vaut par exemple 50  $\mu\text{m}$ .

.....

Dans l'exemple représenté le capot est usiné ou moulé. Il peut être transparent, par exemple en PMMA (polyméthylmétacrylate), pour vérifier la qualité du collage et/ou pour polymériser la colle par 5 un rayonnement ultraviolet envoyé à travers ce capot transparent, lorsque cette colle est photopolymérisable.

Au lieu d'être en silicium, les cales peuvent être en un autre matériau usiné très 10 précisément avec un contrôle sub-micronique des cotes.

De préférence un grand nombre de micro-billes 16 sont placées sous les cales afin de garantir une bonne tenue mécanique lors du positionnement de la fibre et du collage de celle-ci.

15 La colle peut remplir tout le volume compris entre le capot et les cales mais elle peut également déborder sous ces cales autour des micro-billes de brasure. Ceci renforce la tenue mécanique de l'assemblage pour empêcher tout arrachement de la fibre 20 lors de la manipulation de l'assemblage terminé.

L'épaisseur H3 des cales biseautées peut varier suivant l'application considérée de l'assemblage. Seule la zone de contact entre la fibre et chaque cale est importante.

25 La forme du capot maintenant la fibre contre les cales peut également varier suivant l'épaisseur de ces cales (voir la figure 1 et les figures 2, 3, et 4).

30 Ce capot peut être fabriqué par gravure par exemple d'une plaque de silicium au moyen de KOH (cas de la figure 3) ou être usiné ou moulé dans un autre matériau.

Dans tous les cas le capot peut avantageusement plaquer chaque fibre contre les cales.

Les dimensions de ce capot ne sont pas critiques sauf la cote H4 c'est-à-dire la hauteur de la 5 protubérance 10 (figure 1) qui est la distance entre la paroi inférieure plane 28 du capot et la face inférieure 30 de cette protubérance). Il convient que cette cote H4 soit suffisante pour appuyer sur chaque fibre pour que celle-ci soit bien maintenue au contact 10 des cales (voir la figure 1). Dans l'exemple de la figure 1 on choisit  $H4 \geq 160 \mu\text{m}$ .

Dans le cas du montage de plusieurs fibres parallèlement les unes aux autres (voir la figure 4) le capot ne prend appui que sur les fibres.

15 Dans le cas d'une seule fibre le capot peut prendre appui sur cette fibre et éventuellement sur l'une des deux cales en même temps.

La figure 2 montre un assemblage conforme à l'invention dans lequel une fibre 2 est plaquée contre 20 deux cales minces 4 et 6 par l'intermédiaire d'un capot 8 dont la face inférieure 28 est plane (sans protubérance).

On voit que l'assemblage de la figure 2 est comparable à celui de la figure 1 mais, dans le cas de 25 la figure 2, l'épaisseur ou hauteur H3 des cales est inférieure au diamètre  $d$  de la fibre (H3 vaut par exemple  $d$  moins environ  $20 \mu\text{m}$ ), ce qui permet l'utilisation du capot 8 sans protubérance.

La figure 3 montre un assemblage conforme à 30 l'invention dans lequel une fibre optique 2 est maintenue sur des cales biseautés 4 et 6, en face d'un ..... composant optique ou optoélectronique comme par exemple

une diode-laser 32, et optiquement connectée à cette dernière.

La figure 3 est comparable à la figure 1. Le capot 8 de la figure 3 a simplement une forme 5 différente. La diode-laser est brasée sur le substrat 12 avantageusement en même temps que les cales. On voit les plots d'accrochage 34 formés sur le substrat 12 et correspondant à cette diode-laser 32, les plots d'accrochage 36 formés sur cette diode-laser et les 10 microbilles de brasure 38 reliant les plots 34 respectivement aux plots 36. Les microbilles 38 étant de préférence toutes réalisées sur le substrat 12, une variation globale de hauteur de dépôt de brasure engendre un décalage vertical (c'est-à-dire un décalage 15 perpendiculaire à la surface supérieure S du substrat) de la fibre et de la diode-laser mais l'alignement vertical de l'axe optique X1 de la fibre et de l'axe optique de la diode-laser est conservé.

La figure 4 est une vue schématique d'un 20 assemblage conforme à l'invention, comprenant un ensemble de N fibres optiques identiques et parallèles (seules deux fibres sont représentées sur la figure 4) sur des cales minces 40, 42, 44 ( $N \geq 2$ ).

La figure 4 est comparable à la figure 2 25 (la face inférieure 28 du capot 8 est plane). On a représenté le positionnement des fibres optiques avec un pas (distance entre les axes optiques X1 de fibres adjacentes) standard P de 250  $\mu\text{m}$ . Dans cet exemple on a utilisé des cales minces. Il est alors possible de 30 braser par exemple une barrette de N diodes-lasers (non représentée) en face de cette nappe de fibres optiques pour connecter chaque fibre à l'une des diodes de la

barrette. Dans le cas de la figure 4, le support de fibres comprend N+1 cales parmi lesquelles N-2 sont biseautées sur deux côtés opposés (voir la cale 42 de la figure 4).

5 La figure 5 est une vue schématique de dessus d'un assemblage conforme à l'invention, permettant l'alignement optique d'une fibre optique 2 et d'une diode-laser 32, le capot de cet assemblage (non représenté) maintenant la fibre contre son 10 logement en forme de V formé par deux cales biseautées 4 et 6. On voit les plots d'accrochage 18 et 36 des microbilles de brasure 16 et 38 respectivement sur les cales et sur la diode-laser. L'axe optique X1 de la fibre et l'axe optique X de la diode-laser sont 15 confondus. La longueur des cales, comptée parallèlement à l'axe optique de la fibre, est notée L1 et vaut 23 mm dans l'exemple représenté. La distance entre le bord extérieur d'une cale parallèle à la fibre et l'axe X1 de la fibre est notée L2 et vaut 1,5 mm dans l'exemple 20 représenté.

La figure 6 est la coupe AA de la figure 5 (la fibre n'est pas coupée) avec le capot 8 de l'assemblage.

25 La distance Y1 entre la face de la fibre et la face de la diode qui sont en regard l'une de l'autre est réglable (avant l'immobilisation de la fibre dans son V).

30 Les figures 7 à 11B illustrent schématiquement un mode de réalisation particulier d'un support de fibre constitué de deux cales.

Ces deux cales peuvent être réalisées par gravure chimique d'une plaque de silicium. Pour ce faire deux solutions sont envisageables :

- soit la plaque initiale est plus épaisse que la profondeur du V que l'on veut obtenir et cette plaque est alors amincie en cours de réalisation des cales
- soit la plaque initiale est sélectionnée de façon que son épaisseur corresponde à cette profondeur du V (précision de l'ordre de 1  $\mu\text{m}$ ) et il n'y a donc aucun amincissement à faire par la suite.

On décrit ci-après un mode de réalisation particulier correspondant au premier cas.

On utilise une plaque de silicium monocristallin 46 (figure 7) dont la surface est parallèle au plan (100) et des dépôts de nitrure de silicium 48 et 50 sont respectivement effectués sur les faces supérieure et inférieure de cette plaque. Ensuite une photolithographie utilisant une couche de résine photosensible 52 suivie d'une gravure de la couche supérieure 48 permet d'éliminer le nitrure de silicium sur une bande orientée parallèlement à la famille des plans (100). L'ensemble ainsi obtenu est plongé dans un bain de gravure constitué de KOH chaud jusqu'à la formation, dans la plaque 46, d'un sillon 54 en forme de V selon les plans (111) comme on le voit sur la figure 8A et sur la figure 8B qui est la coupe AA agrandie de la figure 8A.

Le nitrure de silicium qui servait de masque pour la gravure du silicium est ensuite enlevé (figure 9). La plaque 46 est amincie par sa face-arrière, par polissage mécanique, jusqu'à la pointe du V. Cette étape est critique car elle détermine la cote D (voir figure 1). Ce polissage mécanique doit être arrêté très précisément lorsque la ligne correspondant au fond du V apparaît. Pour ce faire il est possible

d'utiliser une détection optique en éclairant l'une des deux faces de la plaque. L'apparition d'une bande de lumière sur la face opposée indique la fin du polissage. Une erreur d'amincissement de 1  $\mu\text{m}$  des cales 5 provoque une variation de hauteur de positionnement de la fibre de 1  $\mu\text{m}$ .

Un dépôt, par exemple par pulvérisation cathodique d'une couche de métal apte à être brasé, comme par exemple la bicouche TiNi, est ensuite formé 10 sur la face-arrière de la plaque 46. Une lithographie définissant les plots d'accrochage 18 des micro-billes est ensuite effectuée puis le dépôt de métal est gravé (voir la figure 10A et la figure 10B qui est la coupe AA agrandie de la figure 10A).

15 Cette lithographie est alignée soit sur la pointe du V du côté de la face-arrière de la plaque 46 soit sur la face-avant de celle-ci avec un équipement d'alignement et d'insolation double face très précis (décalage d'alignement face-arrière/face-avant 20 inférieur à 1  $\mu\text{m}$ ). On délimite ensuite la zone de la plaque portant les plots grâce à des chemins de découpe U et W prévus à cet effet.

Ensuite une découpe par scie diamantée permet de séparer deux cales 4 et 6 l'une de l'autre 25 (voir la figure 11A et la figure 11B qui est la coupe AA agrandie de la figure 11A).

Les figures 12A à 12E illustrent schématiquement diverses étapes de préparation d'un substrat en vue de former un assemblage conforme à 30 l'invention.

Les figures 13A à 13D illustrent schématiquement diverses étapes d'un procédé

d'assemblage d'une fibre optique et d'un composant conformément à l'invention.

On cherche donc à aligner optiquement sur la surface plane S du substrat 12 (figure 12A) une 5 fibre optique 2 (figure 13D) et un composant 32 qui est par exemple une diode-laser.

La fibre optique est appliquée contre les parois en V d'un logement défini par deux cales (seule l'une 6 de celles-ci est représentée) au moyen, par 10 exemple, d'un capot 8 et fixée dans ce logement par une colle 24. Les cales sont fixées à la surface plane de substrat par l'intermédiaire de microbilles de brasure 16. Chaque microbille est fixée, d'un côté, à un plot d'accrochage 14 formé sur la surface plane S du substrat 12 et, de l'autre côté, à un autre plot 15 d'accrochage 18 dont est pourvue la surface inférieure des cales qui se trouvent en regard de cette surface du substrat. De même chaque microbille de brasure 38 de la diode-laser 32 est fixée, d'un côté, à un plot 20 d'accrochage 34 formé sur la surface plane du substrat et, de l'autre côté, à un autre plot d'accrochage 36 formé sur la surface de la diode-laser qui est située en regard de cette surface plane du substrat. Bien entendu, chacun des plots est mouillable par la brasure 25 constitutive des microbilles tandis que l'environnement de ces plots ne l'est pas.

On commence (figure 12A) par former sur la surface plane S du substrat 12 les plots d'accrochage 14 et 34 des diverses microbilles qui seront 30 ultérieurement formées. Pour ce faire, on peut utiliser un dépôt métallique pleine tranche par pulvérisation cathodique de type TiNiAu suivi d'une étape de photolithographie et d'une étape de gravure.

Ces plots d'accrochage 14 et 34 peuvent avoir une forme quelconque, par exemple une forme circulaire, hexagonale, octogonale ou carrée et même rectangulaire. De ce fait, les microbilles ne sont pas 5 forcément sphériques.

Dans l'exemple représenté, ces plots sont des disques de diamètre  $d_1$  pour les plots 14 et des disques de diamètre  $d_2$  pour les plots 34.

Les dimensions de ces plots (les diamètres 10  $d_1$  et  $d_2$  dans l'exemple représenté), comptées parallèlement à la surface du substrat, sont déterminées à partir des hauteurs désirées pour les microbilles.

De plus, on peut prévoir des lignes 15 d'interconnexion électriques, qui sont intégrées au substrat ou situées à la surface de celui-ci, pour alimenter électriquement (par l'intermédiaire des plots et des microbilles ultérieurement formées) la diode-laser et éventuellement d'autres composants qui le 20 nécessiteraient.

De façon avantageuse, dans le cas où ces lignes d'interconnexion (non représentées) sont disposées à la surface du substrat, pour maintenir une hauteur identique de tous les plots d'accrochage des 25 microbilles, une surface délimitée du matériau utilisé pour ces interconnexions électriques peut être déposée sous les plots d'accrochage qui ne sont pas connectés électriquement.

Ensuite (figure 12B), une étape de 30 lithographie permet de définir les volumes des microbilles à partir des ouvertures circulaires de diamètres respectifs  $D_1$  et  $D_2$ , de la résine

photosensible utilisée, de l'épaisseur E de brasure choisie et des dimensions d1 et d2.

Pour ce faire, on dépose une couche de résine photosensible 56 (figure 12B) sur la surface plane S du substrat 12 et on insole cette résine pour y définir les ouvertures circulaires de diamètre D1 (correspondant aux cales) et les autres ouvertures circulaires de diamètre D2 (correspondant à la diode-laser).

10 Ensuite (figure 12C), on dépose par évaporation le matériau fusible (brasure), destiné à la formation ultérieure des microbilles, à travers les ouvertures de diamètres D1 et D2 ainsi obtenues jusqu'à ce que l'on obtienne une épaisseur E de matériau fusible dans ces ouvertures et sur la couche de résine.

15 Comme on le voit sur la figure 12C, on obtient ainsi des disques 60 de brasure, de diamètre D1, et des disques 62 de brasure de diamètre D2 respectivement formés au-dessus des plots 14 et 34.

20 Connaissant l'épaisseur E commune à tous les disques 60 et 62, les diamètres respectifs d1 et d2 des plots 14 et 34 et les hauteurs respectives h1 et h2 des microbilles 16 et 38 que l'on veut former, on en déduit les diamètres D1 et D2 des ouvertures que l'on 25 doit former dans la couche de résine.

Après avoir formé les disques de brasure on élimine la couche de résine 56 par la technique appelée « lift-off ». Le matériau fusible 64 déposé sur cette couche 56 est ainsi éliminé (figure 12D).

30 Ensuite (figure 12E), on élève la température du substrat 12 au-dessus de la température de fusion du matériau constitutif des disques 60 et 62 et l'on obtient ainsi des microbilles 16 et des

microbilles 38, ces microbilles étant respectivement accrochées aux plots 14 et 34.

On procède ensuite à la réalisation de l'assemblage complet.

5 On procède d'abord (figure 13A) à l'hybridation des cales et de la diode-laser. Pour ce faire, on commence par aligner grossièrement ces cales et la diode-laser (erreur environ égale à  $\pm 5 \mu\text{m}$ ) : on positionne convenablement les cales et la diode-laser  
10 de façon que leurs plots d'accrochage respectifs 18 et 36 reposent sur les microbilles correspondantes 16 et 38.

Puis on élève la température des microbilles au-delà de leur température de fusion.

15 Il convient de noter que l'on peut procéder à l'hybridation des cales et de la diode-laser au moyen des disques 60 et 62 (figure 12D) sur lesquels on positionne convenablement ces cales et la diode-laser. Ensuite on élève la température des disques au-delà de  
20 leur température de fusion.

Dans les deux cas on aboutit à la structure de la figure 13B.

On laisse ensuite refroidir la brasure jusqu'à la température ambiante, d'où l'hybridation des  
25 cales et de la diode-laser sur le substrat.

La fibre optique 2 (figure 13C) est ensuite positionnée dans le logement en forme de V défini par les cales avant ou après avoir déposé la colle 24 dans ce logement puis le capot 8 (figure 13D) est pressé  
30 contre la fibre optique durant la phase de séchage ou de polymérisation de la colle. Dans l'exemple représenté, on a délibérément laissé couler la colle

sous les cales pour renforcer la tenue mécanique de celles-ci sur le substrat. Cette technique est connue dans le domaine du retournement de puce (« flip-chip ») sous le nom de « underfill resin technique ».

5            Bien entendu il est possible de positionner simultanément plusieurs fibres parallèles et plusieurs composants en utilisant pour ce faire plusieurs cales (figure 4) obtenues simultanément par une technique comparable à celle qui est illustrée par les figures 7  
10          à 11B (il faut alors former plusieurs V parallèles dans la plaque de silicium).

La figure 14 est une vue schématique d'un autre assemblage conforme à l'invention. Cet autre assemblage est à comparer à celui de la figure 1 et, 15 sur ces figures 1 et 14, les mêmes éléments ont les mêmes références. La figure 14 illustre le fait qu'il est possible d'utiliser un support 66 (cale unique) ayant un logement en V qui ne débouche pas au fond du support (V « non traversant ») pour aligner une fibre 2 20 en face d'un composant optique (non représenté). La cale et le composant optique sont alignés de façon relative selon l'axe X1. La position du coeur de la fibre selon l'axe X1 est connue précisément si l'on contrôle précisément les cotes H2 de hauteur de brasure 25 16, H7 entre le fond du V et la face inférieure de la cale, H8 entre la fibre et le fond du V et le diamètre d de la fibre. La cote H7 dépend à la fois de l'épaisseur H3 de la cale, de l'ouverture H11 du V et de l'angle  $\beta$  des parois du V. La cote H8 dépend de 30 l'angle  $\beta$  des parois du V, et du diamètre de la fibre. Donc les cotes critiques pour l'alignement vertical sont H2, H3, H11, d et l'angle  $\beta$ .

La surépaisseur  $H_4$  du capot (protubérance 10) sera nécessaire pour plaquer la fibre contre les parois du V si celle-ci ne dépasse pas de la surface de la cale, c'est-à-dire si  $H_8+d \leq H_9$ .

5 Cette cale 66 non débouchante peut être creusée de plusieurs V en parallèle pour positionner plusieurs fibres.

On explique ci-après un mode de réalisation particulier d'une cale ayant un V non traversdant.

10 Les premières étapes sont celles qui ont été décrites en faisant référence aux figures 7, 8A et 8B : la cale peut être réalisée par gravure chimique anisotrope d'une plaque de silicium monocristallin dont l'épaisseur est parfaitement connue. Une erreur de 15 mesure de 1  $\mu\text{m}$  de l'épaisseur provoquera une variation de hauteur de positionnement de la fibre de 1  $\mu\text{m}$ .

20 Sur cette plaque de silicium monocristallin dont la surface est parallèle au plan (100), un dépôt de  $\text{Si}_3\text{N}_4$  est effectué sur les deux faces. Une lithographie puis une gravure permettent de dégager le  $\text{Si}_3\text{N}_4$  sur une bande orientée parallèlement à la famille 25 des plans (100) (figures 7). L'ensemble est plongé dans un bain de gravure fait de KOH chaud jusqu'à la formation du V selon les plans (111) (figures 8A et 8B). Le  $\text{Si}_3\text{N}_4$  qui servait de masque à la gravure est ensuite dégagé.

30 Les étapes suivantes sont illustrées par les figures 15A, 15B (coupe AA agrandie de la figure 15A), 16A et 16B (coupe AA agrandie de la figures 16A) à comparer respectivement aux figures 10A, 10B, 11A et 11B, les mêmes éléments ayant les mêmes références : un dépôt (par exemple une pulvérisation) d'une couche de

métal brasable (par exemple une bicouche de TiNi) est fait sur la face-arrière, une lithographie définissant les plots d'accrochage des billes s'ensuit puis le métal est gravé. La lithographie est alignée sur la 5 face-avant de la plaque pour assurer un positionnement précis entre les plots et l'ouverture du V, avec un équipement d'alignement et d'insolation double face très précis (décalage d'alignement face-arrière par rapport à face-avant inférieur à 1  $\mu\text{m}$ ).

10 On scie ensuite la zone de la plaque portant les plots et le « V » grâce aux chemins de découpe U et W d'où la cale (figures 16A et 16B).

Divers avantages de la présente invention sont indiqués ci-après.

15 1°) Il n'est pas nécessaire d'aligner de façon précise un composant et une fibre parallèlement au plan du substrat. En effet il existe un auto-alignement entre la ou les cales et le composant mis en place par la technique des microbilles. L'erreur sur un 20 tel auto-alignement est inférieure à 1  $\mu\text{m}$  parallèlement au plan x, y des figures 5 et 6.

En effet, lors de la refusion du matériau fusible constituant les microbilles, les forces de tension superficielle de ce matériau en fusion et les 25 forces de mouillabilité de celui-ci sur les plots métalliques d'accrochage permettent d'obtenir un auto-alignement sur le substrat. L'axe de chaque plot d'accrochage situé sur le substrat se confond avec l'axe du plot correspondant situé sur une cale ou sur 30 le composant.

La précision d'alignement de la cale ou des cales et du composant les uns par rapport aux autres, dans un plan parallèle au substrat, dépend uniquement

de la précision d'alignement des plots d'accrochage des microbilles du côté du composant et de la cale ou des cales par rapport aux axes optiques. Cet alignement étant de préférence obtenu par photolithographie, 5 l'erreur résultante peut être facilement rendue inférieure à  $0,3 \mu\text{m}$  avec les équipements utilisés en microélectronique.

Il en va de même pour le positionnement des plots d'accrochage sur les cales par rapport aux arêtes 10 des biseaux (cote D de la figure 1).

Du côté du substrat, les plots qui reçoivent les microbilles de la cale ou des cales et du composant étant de préférence réalisés simultanément, l'erreur relative entre plots est quasiment nulle (en 15 négligeant les dilatations thermiques).

2°) La précision d'alignement vertical de la fibre sur la ou les cales et du composant optique ou optoélectronique est très bonne car elle est relative, contrairement à la précision d'alignement d'un 20 composant en face d'une fibre calée dans un V d'un substrat qui doit être absolue.

Cette remarque est très importante car, grâce à la présente invention, il n'est plus nécessaire de maîtriser parfaitement le volume des microbilles 25 pour aligner verticalement les éléments entre eux.

Une fluctuation positive ou négative de l'épaisseur de brasure déposée, par rapport à sa valeur nominale, entraîne une fluctuation dans le même sens, par rapport au substrat d'interconnexion, de tous les 30 éléments hybridés. Le mouvement relatif est très faible, ce qui garantit le bon alignement relatif des éléments entre eux. ....

3°) Les microbilles étant de préférence réalisées simultanément sur le substrat d'interconnexion et l'épaisseur de brasure déposée étant sensiblement constante, les volumes 5 respectivement souhaités pour les microbilles sont atteints par des diamètres adaptés des disques de brasure.

4°) La réalisation, par des gravures profondes, de tranchées en forme de V dans un substrat 10 d'interconnexion n'est plus nécessaire. Cette étape est très critique sur un substrat comportant des niveaux métalliques et diélectriques nécessaires aux connexions électriques entre des composants optoélectroniques.

5°) il n'est plus nécessaire de former des 15 cales d'alignement dans ou sur un composant optique ou optoélectronique.

6°) Le substrat n'a plus besoin d'être en silicium monocristallin parfaitement orienté.

7°) Les cales peuvent être en silicium et 20 biseautées par gravure au moyen de KOH. Dans ce cas, un grand nombre de cales peut être obtenu sur une même plaque de silicium. Mais les cales peuvent être également formées dans un autre matériau que le silicium.

25 Si les cales sont défectueuses, le surcoût résultant reste faible étant donné le nombre limité d'étapes pour former les cales.

8°) La réparation d'un assemblage est aisée car l'alignement peut être mesuré en fonctionnement 30 optique avant le collage et il est donc possible de « débraser» les cales et de les remplacer. Dans le cas d'un substrat comportant un logement intégré, un défaut .... de réalisation implique le rejet du substrat complet.

9°) Le positionnement de la fibre par rapport au composant selon l'axe y (figure 6) est ajustable jusqu'au contact mécanique (variation de la cote Y1). Ceci poserait un problème dans le cas d'un 5 logement en V intégré au substrat car la fibre viendrait alors buter contre la face inclinée du bout du logement ou tranchée.

## REVENDICATIONS

1. Assemblage comprenant un substrat (12) et, sur celui-ci, au moins un support (4, 6; 40, 42, 44; 66) de fibre optique, au moins une fibre optique 5 (2) disposée dans ce support et au moins un composant optique ou optoélectronique (32), l'axe optique de la fibre et l'axe optique du composant étant alignés, cet assemblage étant caractérisé en ce que le support et le composant sont fixés au substrat par l'intermédiaire de 10 microbilles (16, 38) en matériau fusible, permettant à l'axe optique ( $X_1$ ) de la fibre et à l'axe optique (X) du composant d'être parallèles l'un à l'autre dans un même plan perpendiculaire à une surface du substrat, en ce que le support comprend, pour chaque fibre, un 15 logement en forme de V ayant deux parois inclinées l'une vers l'autre, l'ouverture du V étant située sur la face du support qui n'est pas fixée au substrat, et en ce que la fibre est positionnée dans le logement, le volume de chaque microbille et le logement étant 20 déterminés de façon que l'axe optique de la fibre et l'axe optique du composant soient parallèles l'un à l'autre dans un même plan parallèle à la surface du substrat.

2. Assemblage selon la revendication 1, 25 dans lequel le logement traverse l'ensemble du support (4, 6), le logement ayant ainsi deux arêtes inférieures, la distance séparant ces deux arêtes inférieures étant déterminée, compte tenu du diamètre de la fibre et des points d'appui de celle-ci dans le 30 logement, pour que l'axe optique de la fibre et l'axe optique du composant soient parallèles l'un à l'autre dans le même plan parallèle à la surface du substrat.

3. Assemblage selon la revendication 1, dans lequel le logement ne traverse pas le support (66).

4. Procédé de fabrication d'un assemblage 5 comprenant un substrat (12) et, sur celui-ci, au moins un support (4, 6; 40, 42, 44; 66) de fibre optique, au moins une fibre optique (2) disposée dans ce support et au moins un composant optique ou optoélectronique (32), l'axe optique de la fibre et l'axe optique du composant 10 étant alignés, ce procédé étant caractérisé en ce qu'on forme le support de fibre, ce support comprenant, pour chaque fibre, un logement en forme de V ayant deux parois inclinées l'une vers l'autre, l'ouverture du V étant située sur la face du support qui n'est pas fixée 15 au substrat, et comprenant aussi une pluralité de premiers plots d'accrochage (18), en ce qu'on forme aussi une pluralité de premiers plots d'accrochage (36) sur le composant, en ce qu'on forme des deuxièmes plots d'accrochage (14, 34) sur le substrat, ces deuxièmes 20 plots étant destinés à être respectivement associés aux premiers plots, en ce qu'on forme, sur les premiers plots et/ou les deuxièmes plots, des éléments (60, 62) faits d'un matériau fusible, apte à être brasé aux premiers et deuxièmes plots, ces premiers et deuxièmes 25 plots étant mouillables par ce matériau à l'état fondu tandis que leur environnement ne l'est pas, en ce qu'on fixe le support et le composant sur le substrat par l'intermédiaire des éléments correspondants, ces éléments étant portés à l'état fondu à cet effet et permettant à l'axe optique (X1) de la fibre et à l'axe 30 optique (X) du composant d'être parallèles l'un à l'autre dans un même plan perpendiculaire à une surface du substrat, et en ce qu'on positionne la fibre dans le .....

logement, le volume de chaque élément et le logement étant déterminés pour que l'axe optique de la fibre et l'axe optique du composant soient parallèles l'un à l'autre dans un même plan parallèle à la surface du substrat.

5 5. Procédé selon la revendication 4, dans lequel le logement traverse l'ensemble du support, le logement ayant ainsi deux arêtes inférieures, la distance séparant ces deux arêtes inférieures étant déterminée, compte tenu du diamètre de la fibre et des 10 points d'appui de celle-ci dans le logement, pour que l'axe optique de la fibre et l'axe optique du composant soient parallèles l'un à l'autre dans le même plan parallèle à la surface du substrat.

15 6. Procédé selon la revendication 4, dans lequel le logement ne traverse pas le support.

7. Procédé selon la revendication 4, dans lequel le support (40, 42, 44) comprend une pluralité 20 d'exemplaires parallèles dudit logement en forme de V et en ce qu'on positionne respectivement une pluralité de fibres optiques (2) dans lesdits exemplaires.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 à 7, dans lequel chaque fibre (2) est fixée au moyen d'une colle (24) dans le logement 25 correspondant.

9. Procédé selon la revendication 8, dans lequel la colle (24) s'étend entre le support (4, 6) et le substrat (12), autour des éléments en matériau fusible disposé sous le support.

30 10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 à 9, dans lequel on fabrique un capot (8) apte à recouvrir chaque logement et dans lequel

chaque fibre (2) est pressée contre le logement correspondant au moyen de ce capot.

11. Procédé selon la revendication 10, dans lequel le capot (8) est transparent.

5 12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 et 11, dans lequel le capot comprend pour chaque fibre, une protubérance (10) par l'intermédiaire de laquelle cette fibre est pressée contre le logement correspondant.

10 13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 et 11, dans lequel le capot comprend une face plane (28) par l'intermédiaire de laquelle chaque fibre est pressée contre le logement correspondant, la fibre dépassant de la face du support  
15 qui n'est pas fixée au substrat.

14. Procédé selon la revendication 5, dans lequel on forme le support à partir d'une plaque (46) dans laquelle on réalise au moins deux parois en forme de V par gravure chimique et/ou mécanique de cette plaque, de façon à obtenir la distance déterminée entre les deux arêtes inférieures de chaque V, on forme les premiers plots (18) correspondant au support par une technique de photolithographie et on sépare l'une de l'autre lesdites parois du logement.

25 15. Procédé selon la revendication 14, dans lequel, lorsque la plaque présente une épaisseur initiale trop importante, la formation du support comprend en outre une étape d'amincissement de la plaque réalisée avant ou après la gravure du V.

30 16. Procédé selon la revendication 6, dans lequel on forme le support à partir d'une plaque dans laquelle on réalise au moins deux parois en forme de V par gravure chimique et/ou mécanique de cette plaque et

on forme les premiers plots correspondant au support par une technique de photolithographie.

17. Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 à 16, dans lequel les premiers plots 5 (34) correspondant au composant sont formés par une technique de photolithographie.

18. Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 à 17, dans lequel les deuxièmes plots 10 (14, 34) sont formés sur le substrat (12) par une technique de photolithographie.

19. Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 à 18, dans lequel les éléments (60, 62) formés sur les deuxièmes plots ont tous la même épaisseur.

15 20. Procédé selon la revendication 19, dans lequel on fait passer à l'état fondu les éléments formés sur les deuxièmes plots, chaque élément prenant alors sensiblement la forme d'une bille (16, 38), on fait ensuite passer ces éléments en forme de bille à 20 l'état solide et on fait passer ces derniers à l'état fondu pour assembler le composant et le support avec le substrat.

21. Procédé selon l'une quelconque des revendications 19 et 20, dans lequel les éléments (60, 25 62) sont formés simultanément par photolithographie sur les deuxièmes plots.

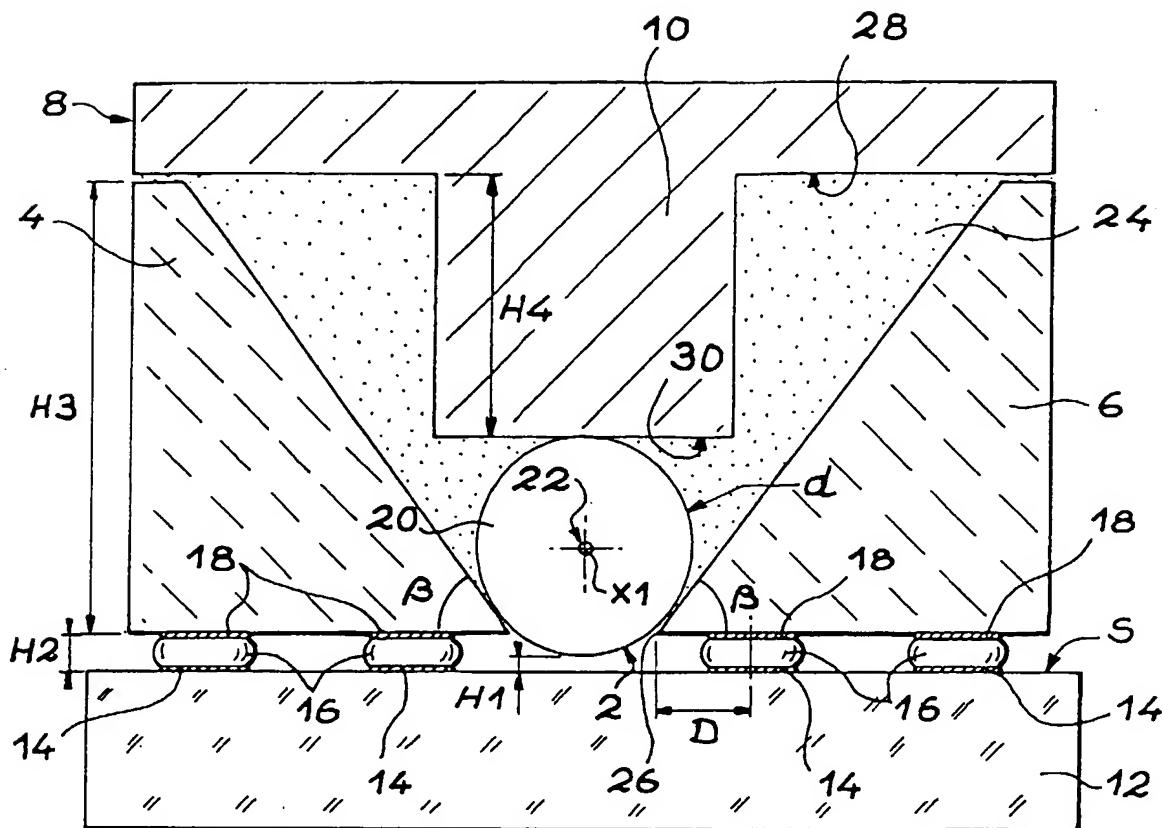


FIG. 1

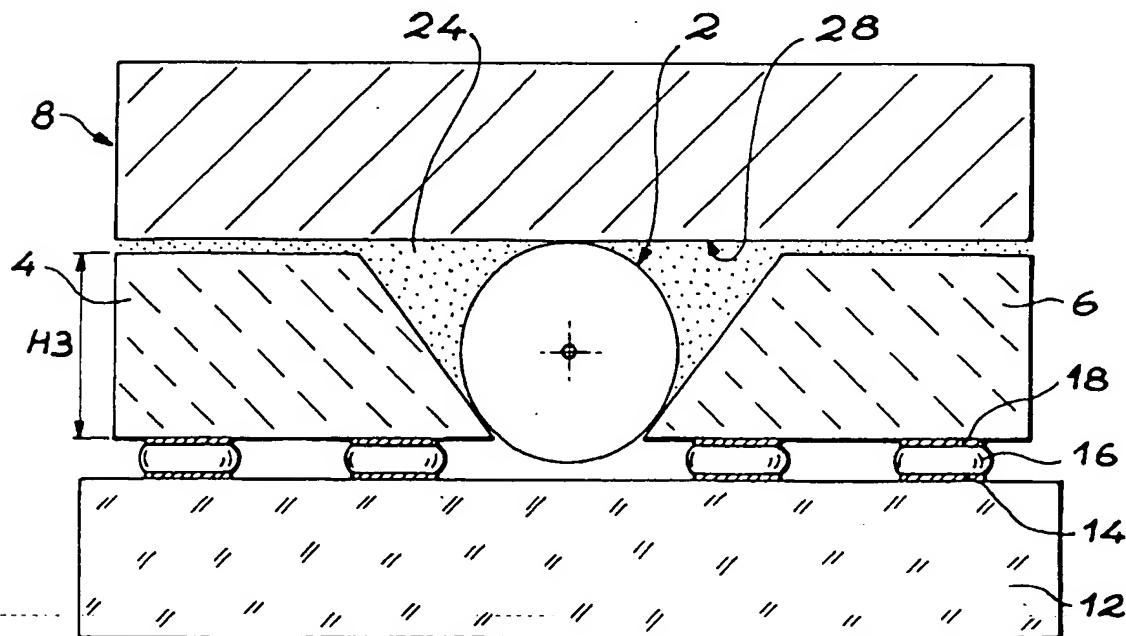
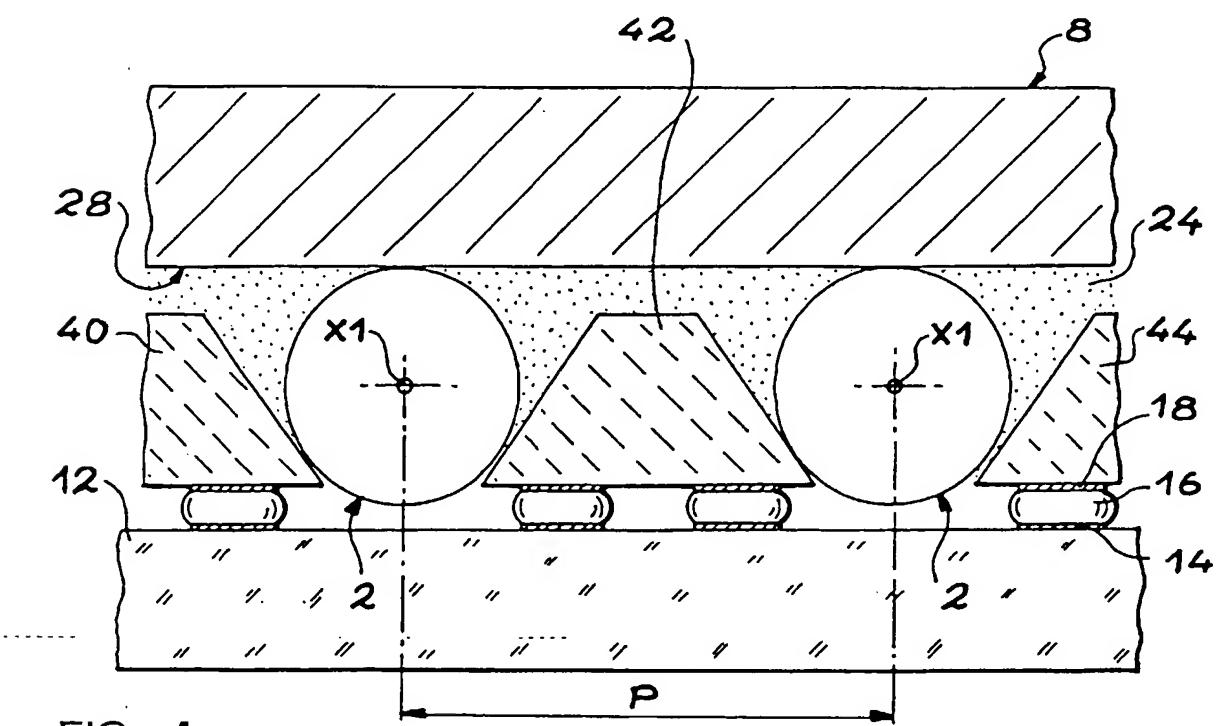
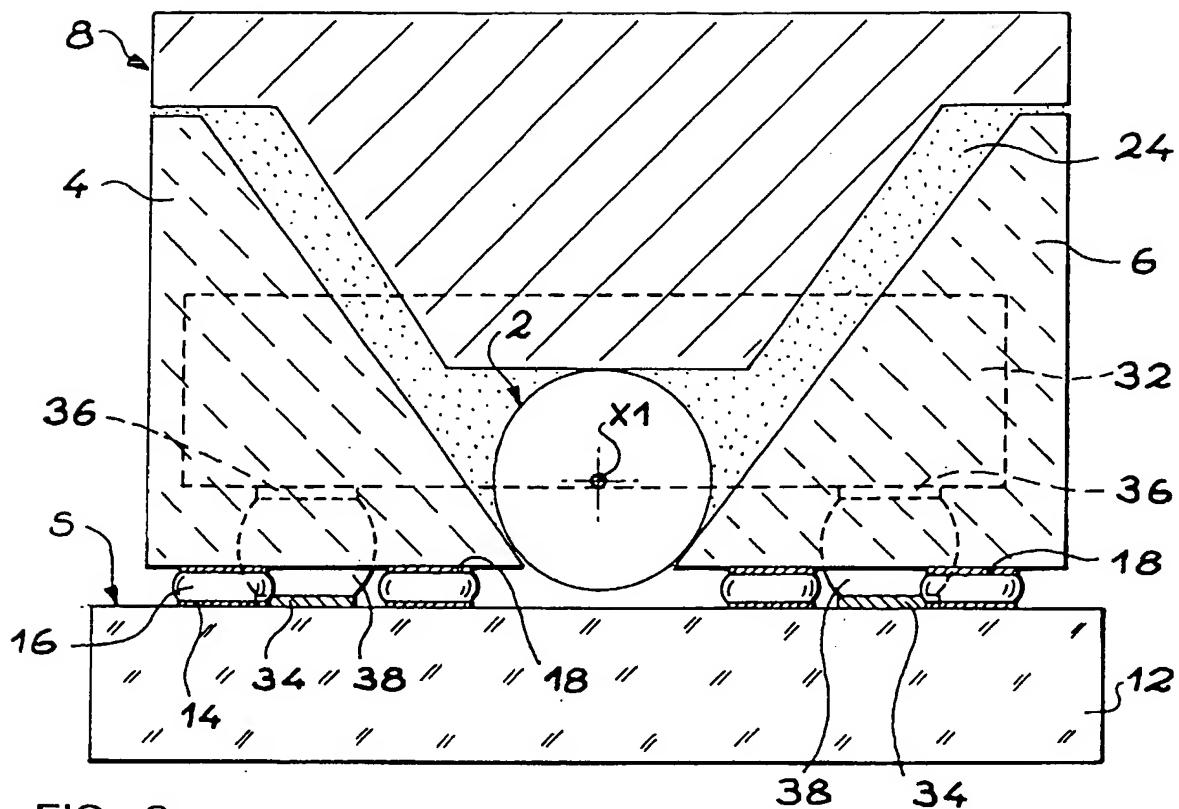


FIG. 2



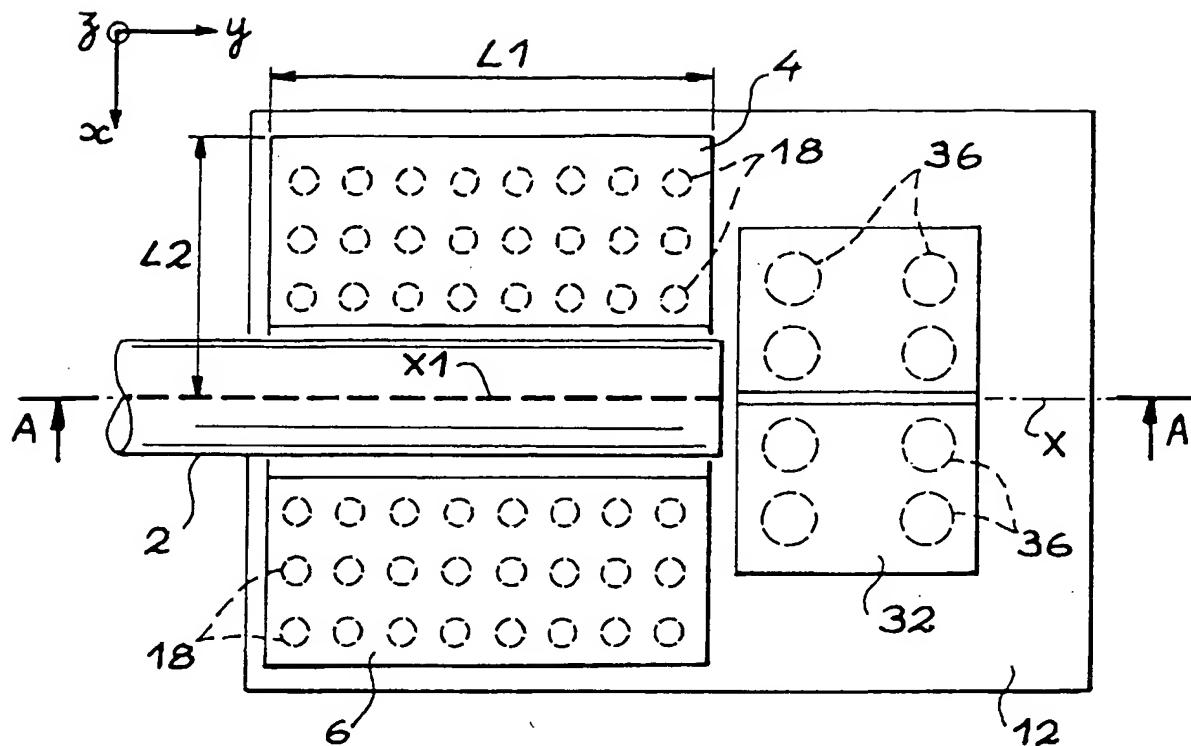


FIG. 5

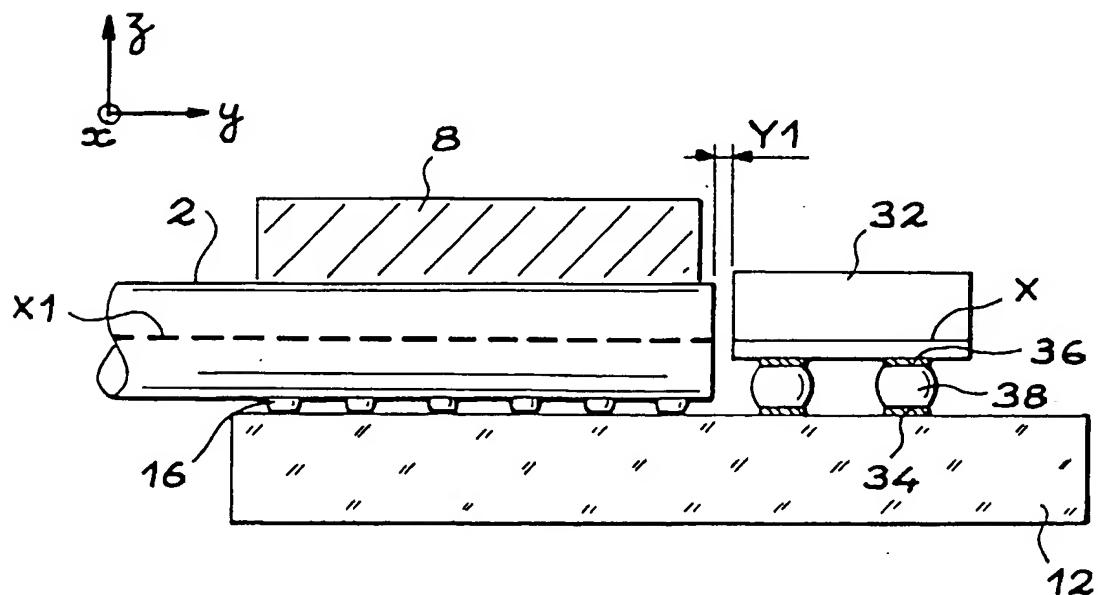


FIG. 6

4 / 8

FIG. 7

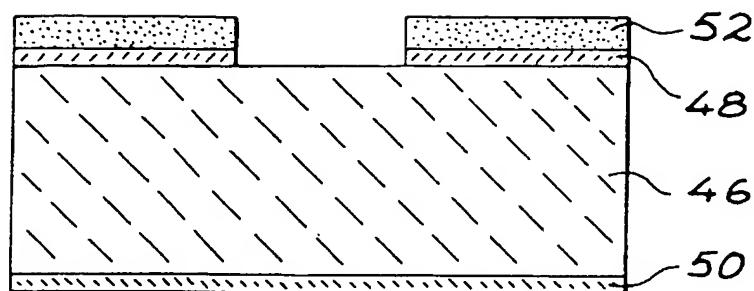


FIG. 8 A

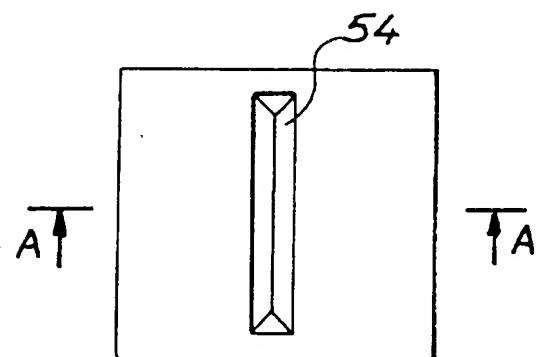


FIG. 8 B

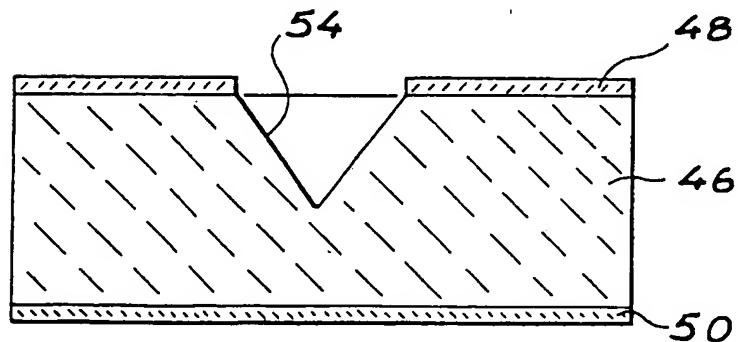
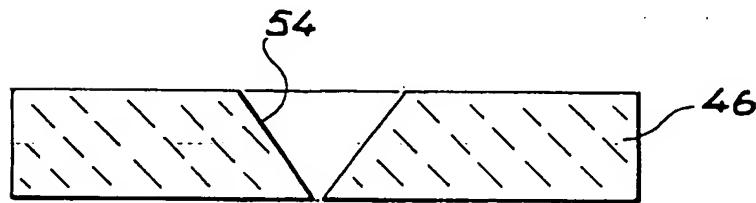


FIG. 9



5 / 8

FIG. 10 A

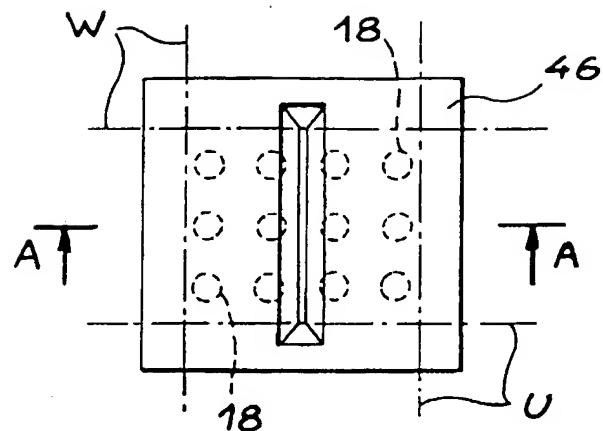


FIG. 10 B

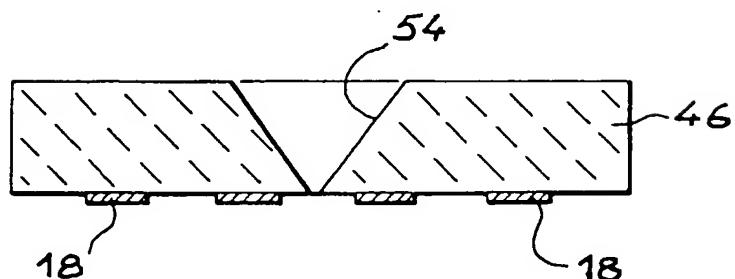


FIG. 11 A

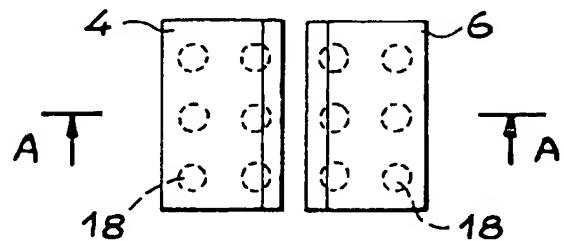
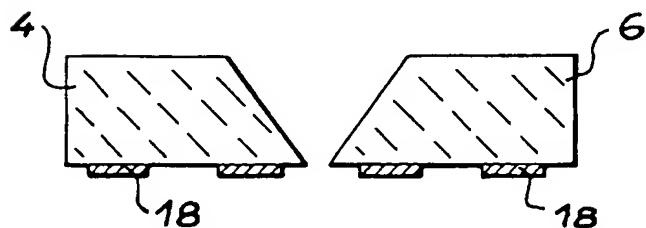


FIG. 11 B



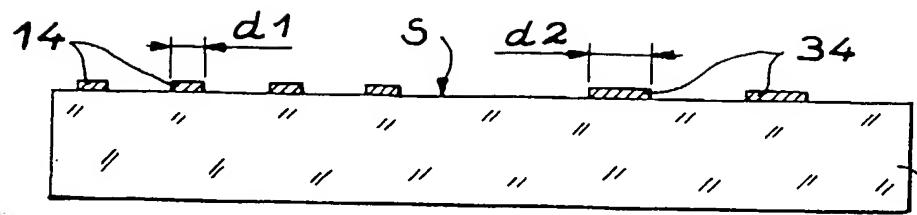


FIG. 12 A

12

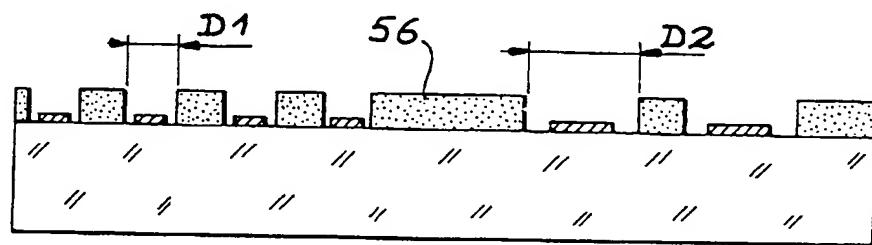


FIG. 12 B

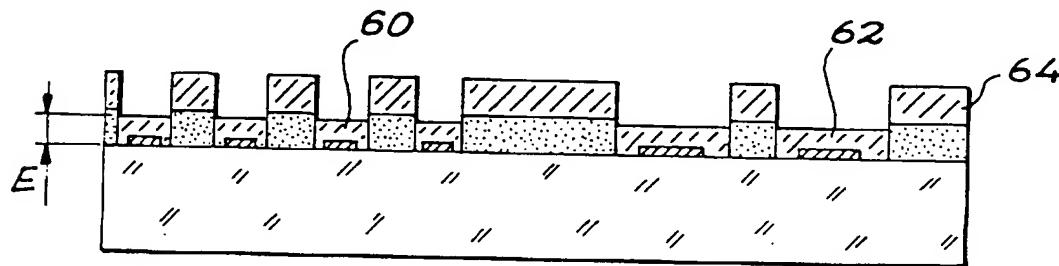


FIG. 12 C

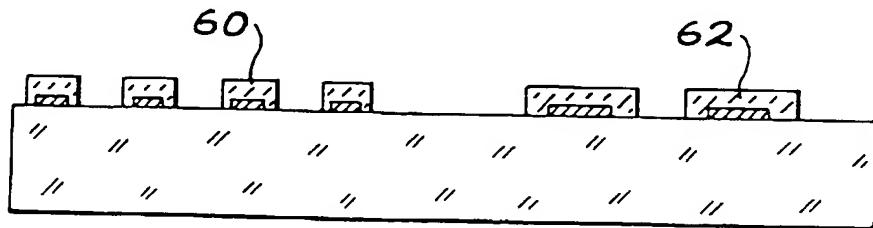


FIG. 12 D

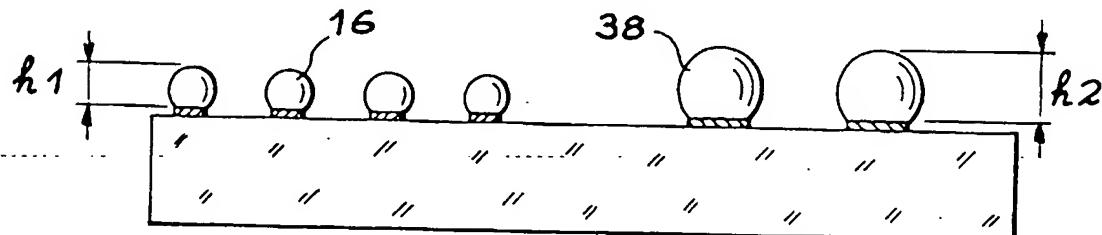


FIG. 12 E

7/8

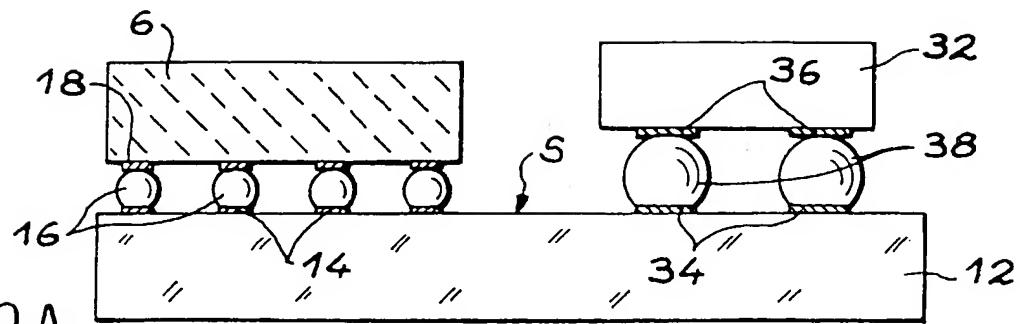


FIG. 13A

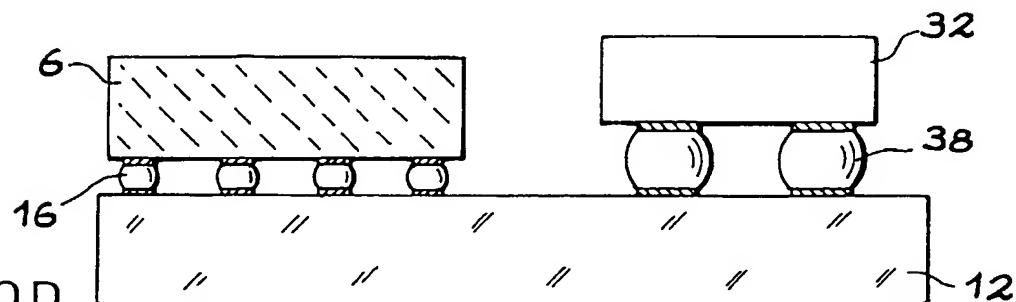


FIG. 13B

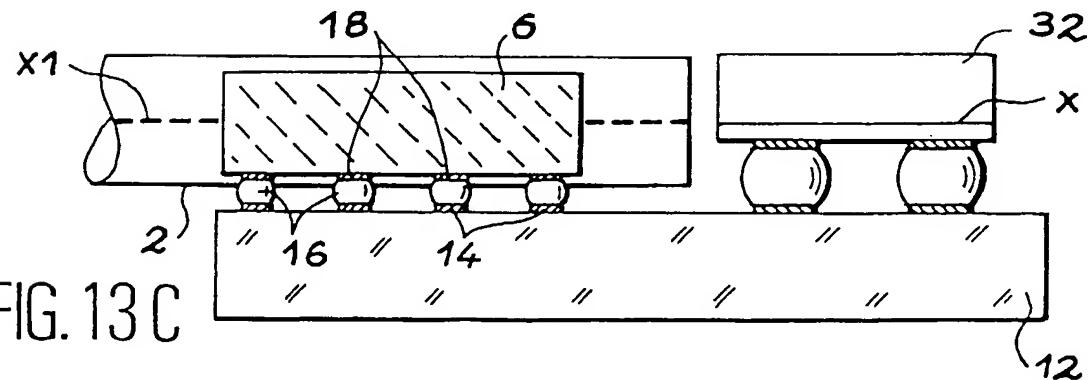


FIG. 13C

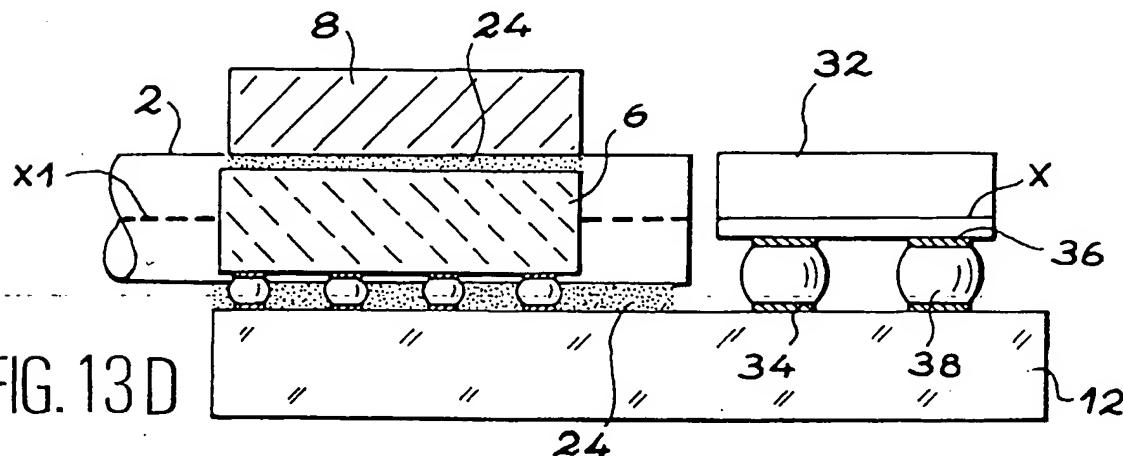


FIG. 13D

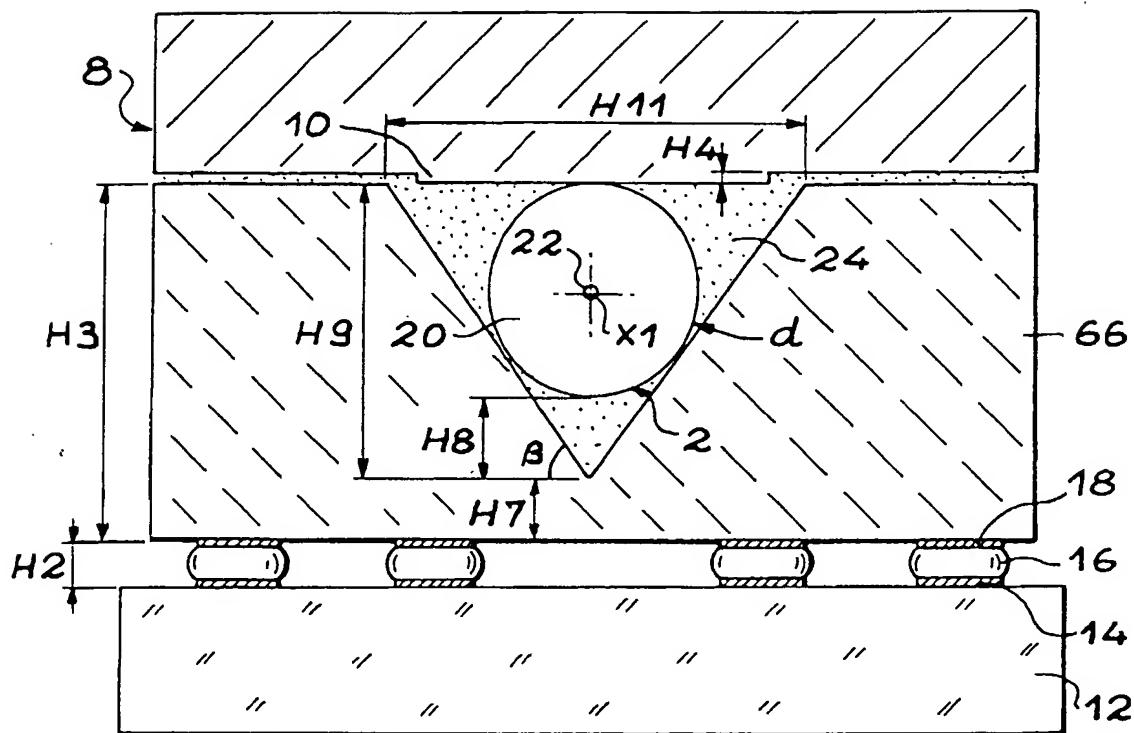


FIG. 14

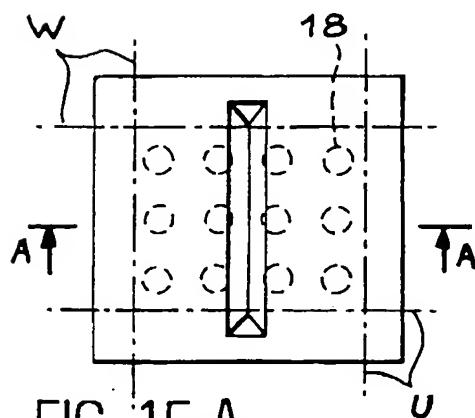


FIG. 15 A

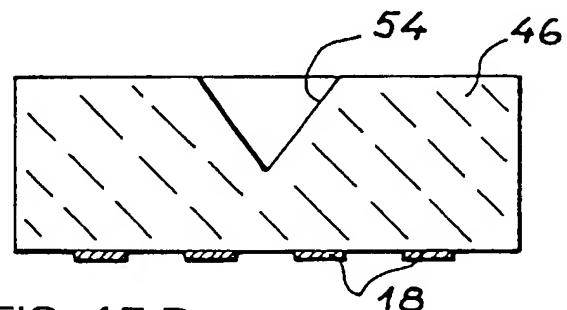


FIG. 15 B

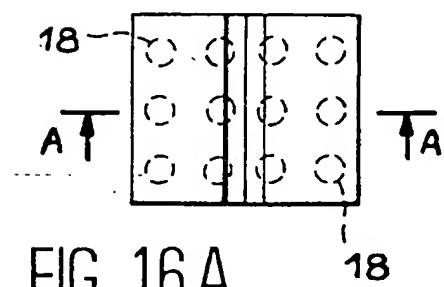


FIG. 16 A

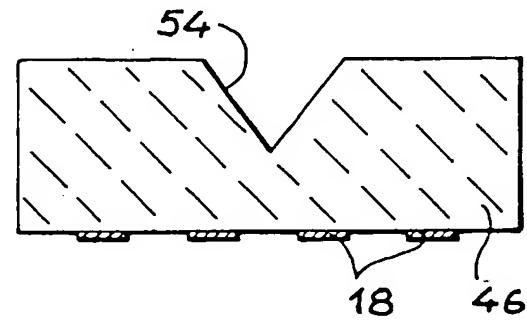


FIG. 16 B

RAPPORT DE RECHERCHE  
PRELIMINAIREétabli sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la rechercheN° d'enregistrement  
nationalFA 561574  
FR 9807219

| DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS  |  | Revendications concernées de la demande examinée |
|--|--|--|
| Catégorie  | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes                                  |  |
| E  | FR 2 757 276 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 19 juin 1998<br>* page 6, ligne 22 - page 7, ligne 14; figure 2 * | 1, 4   |
| A  | US 5 627 931 A (ACKLEY DONALD E ET AL) 6 mai 1997<br>* colonne 2, ligne 27 - colonne 4, ligne 8; figure 3 *      | 1, 3, 4, 6, 8, 14                                |
| A  | US 5 717 803 A (ITOH MASATAKA ET AL) 10 février 1998<br>* abrégé; figures 1,3,7,8 *                              | 1, 4, 7, 10, 14                                  |
| <b>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)</b><br><b>G02B</b>  |  |  |
| 1  | Date d'achèvement de la recherche<br><b>16 février 1999</b>  |  |
|  |  | Examinateur<br><b>von Moers, F</b>               |
| <b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b><br>X : particulièrement pertinent à lui seul<br>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie<br>A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général<br>O : divulgation non-écrite<br>P : document intercalaire |  |  |
| T : théorie ou principe à la base de l'invention<br>E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.<br>D : cité dans la demande<br>L : cité pour d'autres raisons<br>& : membre de la même famille, document correspondant        |  |  |